育成期京红 1 号母鸡饲粮赖氨酸需要量研究

王晓翠　武书庚*　宋　丹　齐广海　王　晶　张海军*　岳洪源

(中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点开放实验室，生物饲料开发国家工程研究中心，北京 100081)

摘　要：本试验旨在研究育成期京红 1 号商品代母鸡的饲粮赖氨酸（Lys）需要量。选取 450 只 8 周龄京红 1 号商品代母鸡，随机分成 5 组，每组 6 个重复，每个重复 15 只鸡。分别饲喂 Lys 水平为 0.56%、0.62%、0.68%、0.74%和 0.80%的饲粮，试验期为 9 周。结果表明：随饲粮 Lys 水平的增加，9~17 周龄京红 1 号母鸡的平均日增重（ADG）和群体均匀度均呈显著先升高再降低的二次曲线关系（P<0.05），料重比（F/G）呈显著先降低再升高的二次曲线关系（P<0.05）；0.62%Lys 组的 ADG 显著高于 0.56%和 0.80%Lys 组（P<0.05），F/G 却显著低于以上 2 组（P<0.05），0.68%Lys 组的群体均匀度显著高于 0.56%和 0.80%Lys 组（P<0.05）。17 周龄京红 1 号母鸡的体重、胸宽和胫长随饲粮 Lys 水平的增加均呈显著先升高再降低的二次曲线关系（P<0.05）；0.68%Lys 组的体重、胸宽和胫长均显著高于 0.74%和 0.80%Lys 组（P<0.05）。17 周龄京红 1 号母鸡的卵巢重量、卵巢指数、输卵管重量、输卵管指数及输卵管长度随饲粮 Lys 水平的增加呈显著先升高再降低的二次曲线关系（P<0.05）；0.68%Lys 组的生殖器官发育指标均显著高于其他组（P<0.05）。随饲粮 Lys 水平的增加，17 周龄京红 1 号母鸡的卵巢中各级卵泡数均呈显著先增加后降低的二次曲线关系（P<0.05）；0.68%Lys 组的总卵泡数、初级卵泡数、次级卵泡数和小黄卵泡数均显著高于其他组（P<0.05）。根据 17 周龄京红 1 号母鸡的卵巢重、卵巢指数、总卵泡数、初级卵泡数和次级卵泡数各自拟合二次曲线，得出饲粮 Lys 需要量分别为 0.65%、0.65%、0.64%、0.64%和 0.64%。综上所述，推荐 9~17 周龄京红 1 号母鸡饲粮 Lys 需要量为 0.64%~0.65%。

关键词：赖氨酸；育成期；京红 1 号母鸡；生殖器官发育

中图分类号：S831.4+1　　　文献标识码：　　　文章编号：

收稿日期：2016-10-09
基金项目：现代农业产业技术体系（CARS-41-K13）；家禽产业技术体系北京市创新团队（CARS-PSTP）
作者简介：王晓翠（1983–），女，山东沂南人，博士，从事蛋鸡及蛋品质营养研究。E-mail: maque3001@163.com
*通信作者：武书庚，研究员，硕士生导师，E-mail: wushugeng@caas.cn；张海军，副研究员，硕士生导师，E-mail: fowlfeed@163.com

京红 1 号蛋鸡是我国自主培育的优良褐壳产蛋鸡配套系，具有实用性好、适应性强、开产早、产蛋高峰期长且耗料低等特点。育成期是母鸡骨骼、体尺、输卵管和卵巢发育的重要阶段，控制该阶段母鸡的饲粮营养水平，可保证母鸡骨骼和体尺的良好发育，实现体成熟和性成熟的同步，保持较好的均匀度，进而保证产蛋期的高产和蛋品质。作为蛋禽玉米–豆粕型饲粮的第二限制性氨基酸，赖氨酸（Lys）是"理想蛋白质"的参比氨基酸[1]，参与蛋禽体蛋白质合成，促进生长发育。盲目引用饲养标准配制育成期母鸡饲粮，可能会影响其生长发育和产蛋期的产蛋性能，且造成饲粮的浪费；而饲粮合理的 Lys 水平可提高饲粮的营养效率，减少排泄量，且有助于降低饲养成本，提高生产效益[2]。目前关于京红 1 号蛋鸡氨基酸需要量的研究主要集中在产蛋高峰期[3-4]和育雏期的饲粮蛋氨酸（Met）需要量[5-6]。现有饲养标准对育成期褐壳蛋鸡饲粮 Lys 的推荐值不尽相同，NRC（1994）[7]的推荐值为 0.56%（6~12 周），鸡饲养标准（NY/T 33－2004）[8]的推荐值为 0.68%（9~18 周），加拿大《实用家禽营养》中对褐壳产蛋鸡的推荐值为 0.75%（10~16 周），海兰公司对产蛋鸡的推荐值为 0.66%（13~15 周），峪口禽业对产蛋鸡的推荐值为 0.70%（8~15 周），罗曼公司对商品蛋鸡的推荐值为 0.65%（9~15 周）。不同品种褐壳母鸡育成期的最佳 Lys 需要量亦不同，当前关于育成期京红 1 号母鸡饲粮 Lys 需要量的报道较少。综合各标准对育成期母鸡饲粮 Lys 的推荐值，本研究在 0.56%~0.80%区间内设置 5 个饲粮 Lys 水平，研究其对育成期京红 1 号母鸡生长性能、胸宽、胫长、生殖器官发育、卵泡数及血浆生殖激素含量的影响，探讨育成期京红 1 号母鸡的 Lys 需要量，为实际生产中京红 1 号商品母鸡饲粮 Lys 适宜添加量提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验动物与试验设计

试验用 *L*-Lys·盐酸盐（纯度 98.5%）由 Evonik Degussa 公司提供。选用 450 只 8 周龄、体重相近[（564.80±6.80） g]的健康京红 1 号母鸡，随机分为 5 个组，每组 6 个重复，每个重复 15 只鸡。分别饲喂 Lys 水平为 0.56%、0.62%、0.68%、0.74%和 0.80%的饲粮，试验饲粮组成及营养水平见表 1。试验期为 9 周。

1.2　试验饲粮与饲养管理

参照 NRC（1994）[7]和《鸡饲养标准》（NY/T 33—2004）[8]，结合京红蛋鸡饲养手册配制等氮、等能的 5 种试验饲粮。所有试验饲粮采取多点取样法，各取 500 g 于 4 ℃保存待

分析。试验饲粮中粗蛋白质（CP）含量参照 GB/T 6432—1994 标准测定，钙（Ca）含量参照 GB/T 13885—2003 标准测定，磷（P）含量参照 GB/T 6437—2002 标准测定，蛋氨酸、Lys 和苏氨酸（Thr）含量参照 GB/T 18246—2000 标准测定。

采用 3 层立体蛋鸡笼（40 cm×37 cm×40 cm）饲养，饲养期内自由采食和饮水。每天 07:00、13:00 和 17:00 各喂料 1 次，每天监测鸡群健康状况，记录死淘鸡数并究其原因。自然光照结合人工补光，光照周期 16L:8D，饲养期内常规免疫。自然通风结合纵向负压通风，每周带鸡消毒 1 次，每天清粪 2 次。

表 1　试验饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　　%

项目 Items	赖氨酸水平 Lys level/%				
	0.56	0.62	0.68	0.74	0.80
原料 Ingredients					
玉米 Corn	67.000	67.000	67.000	67.000	67.000
豆粕 Soybean meal	7.260	7.260	7.260	7.260	7.260
花生饼 Peanut cake	6.200	6.200	6.090	5.850	5.850
小麦 Wheat	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
小麦麸 Wheat bran	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
棉籽粕 Cottonseed meal	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
石粉 Limestone	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800
豆油 Soybean oil	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280
预混料 Premix[1)]	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
食盐 NaCl	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys·HCL		0.051	0.105	0.209	0.310
沸石粉 Zeolite	1.244	1.193	1.249	1.385	1.284
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.116	0.116	0.116	0.116	0.116
合计 Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

营养水平 Nutrient levels[2)]					
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.740	11.740	11.740	11.740	11.740
粗蛋白质 CP	15.500	15.500	15.500	15.500	15.600
钙 Ca	0.980	0.980	0.980	0.980	0.980
总磷 TP	0.570	0.570	0.570	0.570	0.570
有效磷 AP	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380
赖氨酸 Lys	0.562	0.622	0.681	0.743	0.802
蛋氨酸 Met	0.274	0.274	0.273	0.272	0.272
苏氨酸 Thr	0.525	0.525	0.523	0.520	0.520
色氨酸 Trp	0.154	0.154	0.154	0.153	0.153
苏氨酸/赖氨酸 Thr/Lys	0.880	0.830	0.760	0.680	0.620
蛋氨酸/赖氨酸 Met/Lys	0.450	0.420	0.400	0.360	0.320
游离棉酚 Free gossypol/(mg/kg)	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of diets：VA 12 500 IU，VD_3 4 125 IU，VE 15 IU，VK 2 mg，VB_6 6 mg，VB_{12} 0.08 mg，烟酸 niacin 32.5 mg，核黄素 riboflavin 8.5 mg，硫胺素 thiamine 2.5 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 50 mg，生物素 biotin 2 mg，吡哆醇 pyridoxine 8 mg，叶酸 folic acid 2.5 mg，Se 0.3 mg，Mn 65 mg，Fe 60 mg，Cu 15 mg，I 1 mg，Zn 66 mg，胆碱 choline 600 mg，植酸酶 phytase 600 mg。

[2)] 代谢能、有效磷和色氨酸为计算值，其余为实测值。ME, AP and Trp were calculated values, while the others were measured values.

1.3 检测指标和方法

1.3.1 生长性能

试验开始前（8 周龄）试验鸡逐只称重，试验结束时（17 周龄）以重复为单位称量试验鸡重，每周末 20:00 统计当周耗料量，计算平均日增重（average daily gain，ADG）、平均日采食量（average daily feed intake，ADFI）和料重比（feed/gain，F/G）；17 周龄时所有试验鸡逐只称量体重（body weight，BW），计算群体均匀度（community evenness）。

群体均匀度=100×(标准体重±10%范围内的鸡数)/每个重复鸡数。

1.3.2　胫长及胸宽

于 17 周龄末，每重复选取 2 只接近平均体重的试验鸡，称重，颈静脉采血，屠宰，测定全净膛重、胫长和胸宽。

1.3.3　血浆激素含量

于 17 周龄末，每重复选取 2 只接近平均体重的试验鸡，颈静脉采血 3 mL 于肝素钠抗凝管，3 500 r/min 离心 10 min，制备血浆，–20 ℃保存。血浆促卵泡素（FSH）和促黄体素（LH）含量采用激素放射性免疫法（RIA）试剂盒（购自南京建成生物工程研究所）测定。

1.3.4　生殖器官发育

于 17 周龄末，每重复选取 2 只接近平均体重的试验鸡，颈静脉采血，屠宰，取卵巢和输卵管，称重，测输卵管长度；计算卵巢指数、输卵管指数。

卵巢指数（%）＝100×（卵巢重/活体重）；

输卵管指数（%）＝100×（输卵管重/活体重）。

卵泡计数：取卵巢置 4%多聚甲醛溶液，固定 24 h，制备石蜡组织切片，苏木精–伊红（HE）染色。每个样本最大平面位置处连续切片 30 张，取第 5、15 和 25 张切片，光学显微镜下观察卵泡并计数。

卵泡周围的卵泡细胞为单层记为初级卵泡，由单层变为多层的颗粒细胞记为次级卵泡。每个样本 3 张切片共计数 300 个（每张切片 100 个）初级卵泡和次级卵泡细胞核直径，得出初级卵泡细胞核直径为（20.45±4.21） μm，次级卵泡细胞核直径为（97.67±0.54） μm。由于卵泡平均细胞核直径大小与切片厚度之间的关系，一个卵泡可在两张或两张以上相邻的切片上被重复计数，因此从切片平面观察到的卵泡数往往多于卵巢实际存在的卵泡数。按照 Abercrobies 导出的卵泡中卵母细胞核直径与切片厚度之间的关系公式 $P=A\times M/(M+L)$，得出本试验的初级和次级卵泡参数；根据该公式求出每个卵巢切片的初级和次级卵泡总数及萎缩次级卵泡，并计算次级卵泡的萎缩率[9]。其中，P=卵巢上初级或次级卵泡总数，A=所查切片平均每张的卵泡数×切片总数，M=每张切片的厚度，L=初级或次级卵泡卵母细胞核的平均直径。

1.4　数据统计与分析

试验结果以"平均值±标准差"表示，采用 SPSS 19.0 软件中的单因素方差分析（one-way ANOVA）程序对数据进行方差分析；当方差分析具有显著性时，处理间均值采用 Duncan 氏法进行多重比较。饲粮 Lys 的剂量效应采用正交多项式中的线性和二次多项式进行比较，以 P<0.05 为差异显著性标准。通过回归曲线估计拟合二次曲线，根据二次方程计算需要量，其中 Y 为评价指标；X 为饲粮 Lys 水平；R^2 为相关系数；获得显著性二次效应时，再按 Neter 等[10]推荐方法求出获得最大二次效应时 Lys 需要量 $x(\max)=-b/2a$，该值乘以 95%即为 Lys 需要量。

2 结果与分析

2.1 饲粮 Lys 水平对育成期京红 1 号母鸡生长性能的影响

表2为饲粮 Lys 水平对9～17周龄京红1号母鸡生长性能的影响。由表可知，饲粮 Lys 水平对9～17周龄京红1号母鸡的 ADFI 无显著影响（P>0.05），各组的 ADFI 在68.09～72.17 g 之间；但饲粮 Lys 水平显著影响该生长期内母鸡的 ADG、F/G 和17周龄母鸡的群体均匀度（P<0.05）。随饲粮 Lys 水平的增加，各组母鸡的 ADG 和群体均匀度均呈显著先升高再降低的二次曲线关系（P<0.05），而 F/G 呈显著先降低再升高的二次曲线关系（P<0.05）。其中，0.62%Lys 组的 ADG 显著高于0.56%、0.74%和0.80%Lys 组（P<0.05）；0.68%Lys 组群体均匀度显著高于0.56%和0.80%Lys 组（P<0.05）；0.62%Lys 组的 F/G 显著低于0.56%和0.80%Lys 组（P<0.05）。综上，饲粮 Lys 水平显著影响9~17周龄京红1号母鸡的 ADG、F/G 和群体均匀度（P<0.05），这些生长性能指标与饲粮 Lys 水平之间呈显著二次曲线关系（P<0.05）。

表 2 饲粮 Lys 水平对 9~17 周龄京红 1 号母鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary Lys level on growth performance of *Jinghong* pullets aged from 9 to 17 weeks

赖氨酸水平 Lys level/%	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G	群体均匀度 Community evenness/%
0.56	13.66±0.66^{b}	71.23±2.56	5.22±0.17^{ab}	80.88±7.25^{bc}
0.62	14.54±0.93^{a}	69.66±1.21	4.81±0.31^{c}	95.01±6.33^{ab}
0.68	13.86±0.32^{ab}	68.09±4.67	4.91±0.32^{bc}	96.18±4.95^{a}

0.74	13.39±0.25[b]	68.74±3.30	5.13±0.18[abc]	95.33±6.55[ab]
0.80	13.42±0.15[b]	72.17±2.85	5.37±0.18[a]	75.88±8.56[c]
P 值 *P*-value				
赖氨酸 Lys	0.020	0.246	0.010	0.04
线性 Linear	0.117	0.833	0.080	0.150
二次曲线 Quadratic	0.049	0.090	0.002	0.028

同列数据肩标相同或无字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05）。下表同。

In the same column, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05). The same as below.

2.2 饲粮 Lys 水平对育成期京红 1 号母鸡胫长和胸宽的影响

表3为饲粮 Lys 水平对17周龄京红1号母鸡胫长和胸宽的影响。由表可知，饲粮 Lys 水平对17周龄京红1号母鸡的全净膛重无显著影响（*P*>0.05），而对17周龄母鸡的体重、胸宽和胫长有显著影响（*P*<0.05）。随饲粮 Lys 水平的增加，17周龄母鸡的体重、胸宽和胫长均呈显著先升高再降低的二次曲线关系（*P*<0.05）。其中，0.62%和0.68%Lys 组的母鸡体重显著高于其他组（*P*<0.05）；0.68%Lys 组的胸宽显著高于0.74%和0.80%Lys 组（*P*<0.05）；0.68%Lys 组的胫长显著高于其他组（*P*<0.05）。综上，饲粮 Lys 水平显著影响17周龄京红1号母鸡的体重、胸宽和胫长（*P*<0.05），这些指标与饲粮 Lys 水平呈显著先升高再降低的二次曲线关系（*P*<0.05）。

表 3 饲粮 Lys 水平对 17 周龄京红 1 号母鸡胫长和胸宽的影响

Table 3 Effects of dietary Lys level on tibia length and chest width of *Jinghong* pullets aged at 17 weeks

赖氨酸水平 Lys level/%	体重 Body weight/g	全净膛重 Eviscerated carcass weight/g	胸宽 Chest width/cm	胫长 Tibia length/cm
0.56	1 412.80±46.87[b]	955.60±18.03	7.58±0.26[abc]	9.22±0.11[c]

0.62	1 488.60±45.94^{a}	996.60±33.09	7.81±0.44^{ab}	9.36±0.21^{b}
0.68	1 463.00±21.83^{a}	978.40±11.46	7.94±0.19^{a}	9.54±0.06^{a}
0.74	1 419.80±11.82^{b}	962.80±42.93	7.43±0.18^{bc}	9.42±0.07^{b}
0.80	1 385.00±20.89^{b}	948.60±52.42	7.27±0.39^{c}	9.34±0.11^{b}
P 值 *P*-value				
赖氨酸 Lys	0.001	0.238	0.016	<0.001
线性 Linear	0.054	0.346	0.034	0.017
二次曲线 Quadratic	<0.001	0.081	0.011	<0.001

2.3 饲粮 Lys 水平对 17 周龄京红 1 号母鸡生殖器官发育的影响

表 4 为饲粮 Lys 水平对 17 周龄京红 1 号母鸡生殖器官发育的影响。由表可知，饲粮 Lys 水平显著影响 17 周龄京红 1 号母鸡的卵巢重、卵巢指数、输卵管重、输卵管指数及输卵管长（$P<0.05$）。随饲粮 Lys 水平的增加，母鸡的各项生殖器官发育指标均呈显著先升高再降低的二次曲线关系（$P<0.05$），0.68%Lys 组的生殖器官发育指标均显著高于其他组（$P<0.05$）。从生殖器官发育指标来看，育成期京红 1 号母鸡的饲粮 Lys 适宜水平为 0.68%。综上，饲粮 Lys 水平显著影响 17 周龄京红 1 号母鸡的生殖器官发育指标（$P<0.05$），生殖器官发育指标与饲粮 Lys 水平之间呈显著先升高再降低的二次曲线关系（$P<0.05$）。

表 4　饲粮 Lys 水平对 17 周龄京红 1 号母鸡生殖器官发育的影响

Table 4　Effects of dietary Lys level on reproductive organs development of *Jinghong* pullets aged at 17 weeks

赖氨酸水平 Lys level/%	卵巢重 Ovary weight/g	卵巢指数 Ovary index/%	输卵管重 Fallopian tube weight/g	输卵管指数 Fallopian tube index/%	输卵管长 Fallopian tube length/cm
0.56	0.77±0.31^{c}	0.05±0.02^{c}	12.24±0.48^{c}	0.87±0.03^{c}	19.94±6.15^{d}
0.62	1.42±0.36^{b}	0.10±0.03^{b}	13.61±0.97^{bc}	1.01±0.11^{b}	38.20±4.91^{b}
0.68	2.44±0.40^{a}	0.17±0.03^{a}	17.37±1.99^{a}	1.19±0.14^{a}	47.30±7.88^{a}
0.74	1.37±0.26^{b}	0.10±0.02^{b}	14.50±1.40^{b}	1.02±0.10^{b}	31.18±9.51^{bc}
0.80	0.95±0.13^{c}	0.06±0.01^{c}	13.99±1.41^{bc}	0.91±0.05^{bc}	25.22±2.86^{cd}

P 值 *P*-value					
赖氨酸 Lys	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
线性 Linear	0.101	0.061	0.072	0.058	0.081
二次曲线 Quadratic	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.006

2.4 饲粮 Lys 水平对 17 周龄京红 1 号母鸡卵泡数及血浆激素含量的影响

根据卵母细胞直径与切片厚度之间的关系公式 $P=A\times M/(M+L)$，本试验得出初级卵泡的参数为 0.226 8，次级卵泡的参数为 0.057 9，而实际的卵泡数即查得的卵泡数乘以相应参数。表 5 为饲粮 Lys 水平对 17 周龄京红 1 号母鸡卵泡数及血浆激素含量的影响。由表可知，饲粮 Lys 水平显著影响 17 周龄京红 1 号母鸡的总卵泡数、初级卵泡数、次级卵泡数、大黄卵泡数、小黄卵泡数及次级卵泡萎缩率（$P<0.05$）。随饲粮 Lys 水平的增加，母鸡卵巢中各级卵泡数均呈显著先增加后降低的二次曲线关系（$P<0.05$）。其中，0.68%Lys 组母鸡的总卵泡数、初级卵泡数、次级卵泡数和小黄卵泡数均为最高值，显著高于其他组（$P<0.05$）；0.62%和 0.68%Lys 组的大黄卵泡数显著高于其他组（$P<0.05$）；0.80%Lys 组的次级卵泡萎缩率显著低于其他组（$P<0.05$）。饲粮 Lys 水平对 17 周龄京红 1 号母鸡的血浆 FSH 和 LH 含量无显著影响（$P>0.05$），但 0.68%Lys 组的血浆 FSH 含量相对于其他组有提高趋势（$P=0.08$）。综上，饲粮 Lys 水平显著影响 17 周龄京红 1 号母鸡的卵泡数量（$P<0.05$），卵泡数量与饲粮 Lys 水平之间呈显著先升高再降低的二次曲线关系（$P<0.05$）。

2.5 根据二次回归模型估测 9~17 周龄京红 1 号母鸡饲粮 Lys 需要量

表6为根据二次回归模型估测的9~17周龄京红1号母鸡饲粮 Lys 需要量。由表可知，根据17周龄京红1号母鸡的卵巢重、卵巢指数、总卵泡数、初级卵泡数和次级卵泡数各自拟合二次曲线，得出饲粮 Lys 需要量分别为0.65%、0.65%、0.64%、0.64%和0.64%。综上，以卵巢重、卵巢指数、总卵泡数、初级卵泡数和次级卵泡数作为评价指标，得出9~17周龄京红1号母鸡饲粮 Lys 需要量为0.64%~0.65%。

表 6 根据二次回归模型估测 9~17 周龄京红 1 号母鸡饲粮 Lys 需要量

Table 6 Diet Lys requirements of *Jinghong* pullets aged from 9 to 17 weeks estimated based on quadratic regression model

估测指标 Response parameters	二次回归方程	R^2	赖氨酸需要量	*P* 值

	Quadratic regression equation		Lys requirement/%	*P*-value
卵巢重 Ovary weight/g	$Y=-83.889X^2+114.629X-37.165$	0.63	0.65	<0.001
卵巢指数 Ovary index/%	$Y=-5.884X^2+8.026X-2.598$	0.65	0.65	<0.001
总卵泡数 Total follicles numbers/个	$Y=-1\ 061\ 408.8X^2+1\ 425\ 939.34X-429\ 620.73$	0.84	0.64	<0.001
初级卵泡数 Primary follicles numbers/个	$Y=-955\ 703.99X^2+1\ 284\ 631.31X-387\ 711.73$	0.84	0.64	<0.001
次级卵泡数 Secondary follicles numbers/个	$Y=-105\ 704.84X^2+141\ 308.031X-41\ 908.994$	0.86	0.64	<0.001

3 讨 论

育成期母鸡的氨基酸需要量主要受品种和饲养管理等因素的影响。现有蛋鸡饲养标准中，不同品种褐壳蛋鸡的 Lys 推荐量亦不相同，饲粮 Lys 推荐量在0.56%~0.75%之间。因此，有必要针对育成期（9~17周龄）京红1号母鸡的 Lys 需要量进行研究。当前，剂量反应法广泛应用于蛋鸡氨基酸需要量的研究[11-12]，此法是根据饲粮氨基酸含量与敏感指标的直接关系从而确定动物的氨基酸需要量，具有易于操作、便于分析等优点。因此，本研究采取剂量反应法，用二次曲线回归模型拟合育成期京红1号母鸡的 Lys 需要量。

3.1 饲粮 Lys 水平对 9~17 周龄京红 1 号母鸡生长性能、胸宽和胫长的影响

Lys 是家禽的必需氨基酸，属于第二限制氨基酸，饲粮中适宜水平的 Lys 可提高家禽的 ADG、降低 ADFI 和 F/G，促进生长[13]；而随饲粮 Lys 水平的升高，料蛋比呈先下降后上升的趋势，适宜水平的 Lys 可显著改善料蛋比[14]。本研究显示，饲粮适宜水平的 Lys（0.62%~0.68%）可提高 9~17 周龄京红 1 号母鸡的 ADG、降低 ADFI 和 F/G，与以上研究结果相似。鸡的产道由 2 个耻骨组成，胫长不达标表明耻骨发育不好，耻骨发育不好导致产道狭窄，产蛋时易引起脱肛；其次，骨内钙储备少，易导致蛋壳品质变差。因此，后备母鸡的鸡群群体均匀度、体重和胫长直接影响产蛋期的生产性能和蛋壳品质[15]，群体均匀度好表明该阶段母鸡的内脏器官、肌肉、骨骼等指标发育协调一致，为产蛋期生产性能的发挥创造了基础条件。本研究发现，当饲粮中 Lys 水平超过 0.74%时，9~17 周龄京红 1 号母鸡的 ADG 和群体均匀度降低，F/G 升高，抑制了母鸡的生长；可能是因为 Lys 含量过高时会抑制胱氨酸的吸收，降低氨基酸的表观消化率，从而影响生长性能[16]。本试验也表明，9~17 周龄京红 1 号母鸡饲粮中补充 0.62%~0.68%Lys 可获得满意的群体均匀度、体重、胸宽和胫长，为蛋鸡的适时开产、迎接和维持产蛋高峰期提供前期保证。

表 5　饲粮 Lys 水平对 17 周龄京红 1 号母鸡卵泡数（个）和血浆激素含量的影响

Table 5　Effects of dietary Lys level on the follicles numbers and hormones contents in plasma of *Jinghong* pullets aged at 17 weeks

赖氨酸水平 Lys level/%	总卵泡数 Total follicles numbers	初级卵泡数 Primary follicles numbers	次级卵泡数 Secondary follicles numbers	大黄卵泡数 Rhubarb follicles numbers	小黄卵泡数 Small yellow follicle numbers	次级卵泡萎缩率 Secondary follicle atrophy rate/%	促卵泡素 FSH/(mIU/mL)	促黄体素 LH/(mIU/mL)
0.56	36 297.12±1 073.90^{d}	32 248.48±953.93^{d}	4 048.64±119.98^{d}	4.69±0.21^{c}	6.27±0.15^{e}	5.15±0.37^{a}	2.46±0.68	2.31±0.40
0.62	44 251.20±1 301.09^{b}	39 247.00±1 154.18^{b}	5 004.20±146.91^{b}	6.10±0.20^{a}	8.58±0.47^{c}	4.39±0.41^{bc}	2.46±1.01	2.40±0.85
0.68	53 016.64±1 531.28^{a}	47 403.52±1 369.15^{a}	5 613.12±162.13^{a}	6.21±0.21^{a}	11.43±0.69^{a}	4.76±0.29^{ab}	2.79±0.40	2.58±0.87
0.74	40 288.40±1 093.11^{c}	35 906.20±1 056.02^{c}	4 322.20±127.09^{c}	5.67±0.31^{b}	10.01±0.35^{b}	4.21±0.13^{c}	2.57±0.53	2.51±0.73
0.80	32 844.16±1 093.03^{e}	29 228.48±972.66^{e}	3 615.68±120.37^{e}	4.78±0.17^{c}	7.34±0.15^{d}	3.58±0.33^{d}	2.40±0.54	2.80±0.50
P 值 *P*-value								
赖氨酸 Lys	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.080	0.100
线性 Linear	0.071	0.061	0.081	0.053	0.058	0.078	0.100	0.151
二次曲线 Quadratic	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.356	0.367

3.2　饲粮 Lys 水平对 17 周龄京红 1 号母鸡生殖器官发育的影响

母鸡的生殖系统包括卵巢和输卵管，卵巢上聚集着数量庞大的卵泡，卵泡的生长发育与产蛋性能紧密相关[17]；育成期是母鸡卵巢和输卵管发育的主要阶段，此 2 项指标常用来检测生殖器官的发育状况[18]。饲粮营养素水平显著影响肉种鸡卵巢形态[19]，且前期研究证实饲粮中适宜蛋氨酸水平可促进育成期京红 1 号母鸡的卵巢和输卵管等生殖器官的发育[20]。本研究中，饲粮 Lys 水平为 0.62%~0.74%可提高 17 周龄京红 1 号母鸡的卵巢重和指数、输卵管指数及长度；原因可能是饲粮营养水平影响了生殖轴的发育，生殖轴的分泌物进而影响卵巢和输卵管的发育和功能，卵巢质量的增加系因优势卵泡数量增多所致[21-22]，但饲粮 Lys 水平影响后备母鸡生殖器官发育的具体作用机制还需进行系统研究。

3.3　饲粮 Lys 水平对 17 周龄京红 1 号母鸡血浆激素含量及卵泡数的影响

营养对繁殖的影响通过激素作为一种营养信号在卵巢水平上直接发挥作用[23]；育成期是后备母鸡逐渐性成熟的阶段，其体内 FSH 和 LH 的分泌量增加，进而调节卵泡生长和发育。FSH 主要作用于卵巢的颗粒细胞，促进氨基酸进入颗粒细胞，加快蛋白质的生物合成，继而促进卵泡的发育成熟及卵巢颗粒细胞的增大和增殖；当卵泡生长到一定阶段，FSH 能促进有腔卵泡的颗粒细胞生成 LH 的受体，诱导 LH 的分泌，LH 与 FSH 协同促进卵泡生长、发育和成熟[24]。饲粮营养素的摄入量会影响育成鸡的性成熟，改善卵母细胞的质量，继而影响产蛋早期的产蛋量和蛋重，而新培育品种育成期母鸡的营养需要量成为研究热点[23,25]。本研究表明，饲粮中适宜 Lys 水平（0.68%）可提高血浆中 FSH 和 LH 含量，与丁阳等[25]的研究结果一致，说明饲粮 Lys 可能通过促性腺激素的分泌调控母鸡的生殖性能。许多研究显示，饲粮中适宜 Lys 水平可显著提高蛋鸡的产蛋率[1,4,26]；而卵泡的发育及排卵与家禽生殖性能密切相关。本研究结果显示，饲粮适宜 Lys 水平（0.62%~0.68%）可增加 17 周龄京红 1 号母鸡卵泡数量，降低次级卵泡萎缩率，原因可能是适宜的 Lys 水平使饲粮氨基酸比例更合理，提高了蛋白质利用率，进而促进血液中氨基酸进入卵巢颗粒细胞，增强蛋白质合成，最终促进了卵泡的生长和发育，提高了卵泡数量。此外，饲粮 Lys 是否通过改变育成期母鸡卵巢上的促卵泡素受体（*FSHR*）和促黄体素受体（*LHR*）mRNA 的表达量进而影响卵泡发育及排卵，亦需在后续试验中进行研究。

4 结 论

根据 9~17 周龄京红 1 号母鸡卵巢重、卵巢指数、总卵泡数、初级卵泡数和次级卵泡数各自拟合二次曲线，得出饲粮 Lys 需要量分别为 0.65%、0.65%、0.64%、0.64%和 0.64%。因此，以卵巢重、卵巢指数、总卵泡数、初级卵泡数和次级卵泡数为评价指标时，推荐 9~17 周龄京红 1 号母鸡饲粮 Lys 需要量为 0.64%~0.65%。

参考文献：

[1] SILVA E P,MALHEIROS E B,SAKOMURA N K,et al.Lysine requirements of laying hens[J].Livestock Science,2015,173:69–77.

[2] BAILLEUL P J D,BERNIER J F,VAN MILGEN J,et al.The utilization of prediction models to optimize farm animal production systems:the case of a growing pig model[M]//MCNAMARA J P,FRANCE J,BEEVER D E.Modelling Nutrient Utilization in Farm Animals.Wallingford:CAB International,2000:379–392.

[3] 梁中军,韩雪娇,马秋刚,等.饲粮含硫氨基酸水平对京红蛋鸡产蛋高峰期生产性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(12):3720–3725.

[4] 付国强,计成,马秋刚,等.日粮蛋氨酸和赖氨酸水平对产蛋高峰期京红蛋种鸡生产和繁殖性能的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(1):31–35.

[5] 宋丹,岳洪源,陈秀丽,等.0~4 周龄京红蛋鸡饲粮蛋氨酸需要量研究[J].中国农业科学,2014,47(12):2446–2454.

[6] 宋丹,李连彬,周梁,等.5~8 周龄京红蛋鸡饲粮蛋氨酸需要量的研究[J].畜牧兽医学报,2014,45(11):1799–1808.

[7] NRC.Nutrient requirements of poultry[M].9th rev. ed.Washington D.C.:National Academy Press,1994:3–15.

[8] 中华人民共和国农业部.NY/T 33–2004 鸡饲养标准[S].北京:中国农业出版社,2004.

[9] 耿建军.不同日龄蛋鸡卵泡发育、血清 FSH 和 E_2 值变化规律以及转化生长因子β_1(TGH β_1)在卵巢和输卵管表达规律的研究[D].硕士学位论文.太古:山西农业大学,2003.

[10] NETER J,WASSERMANN W.Applied linear statistical models:regression,analysis of variance,and experimental designs[M].Homewood,IL:lnwin,1974:273–296.

[11] DA SILVA J H V,ALBINO L F T,ROSTAGNO H S,et al.Requirement of lysine for rearing egg-type pullets from 7 to 12 weeks of age[J].Revista Brasileira de Zootecnia,2000,29(6):1786–1794.(in Portuguese).

[12] DA SILVA J H V,ALBINO L F T,ROSTAGNO H S,et al.Requirement of lysine for rearing egg-type pullets from 13 to 20 weeks of age[J].Revista Brasileira de Zootecnia,2000,29(6):1795–1802.(in Portuguese).

[13] 张婷.饲粮赖氨酸对笼养蛋雏鸭生长性能及生化指标的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2014.

[14] FIGUEIREDO G O,BERTECHINI A G,FASSANI E J,et al.Performance and egg quality of laying hens fed with dietary levels of digestible lysine and threonine[J].Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia,2012,64(3):743–750.

[15] BISH C L,BEANE W L,RUSZLER P L,et al.Body weight influence on egg production[J].Poultry Science,1985,64(12):2259–2262.

[16] 呙于明.家禽营养与饲料[M].北京:中国农业大学出版社,1997.

[17] 蔡娟,顾欢,常玲玲,等.大豆黄酮在蛋鸡饲料中的安全性评价:生产性能、蛋品质和繁殖器官发育[J].动物营养学报,2013,25(3):635–642.

[18] ROZENBOIM I,SNAPIR N,ARNON E,et al.Precocious puberty in tamoxifen treated cockerels hypothalamic gonadotrophin-releasing hormone-I and plasma luteinising hormone,prolactin,growth hormone and testosterone[J].British Poultry Science,1993,34(3):533–542.

[19] RENEMA R A,ROBINSON F E,PROUDMAN J,et al.Effects of body weight and feed allocation during sexual maturation in broiler breeder hens.2.ovarian morphology and plasma hormone profiles[J].Poultry Science,1999,78(5):629–639.

[20] 宋丹.0~17 周龄京红蛋鸡饲粮蛋氨酸需要量研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2014.

[21] ETCHES R J.Reproduction in poultry[M].Wallingford,Oxon:CABI Publishing,1995:493–530.

[22] 马维英,王爽,黄江南,等.饲粮胆碱添加水平对产蛋期绍兴鸭产蛋性能、蛋品质、生殖器官发育的影响[J].动物营养学报,2013,25(6):1307–1314.

[23] 井文倩.赖氨酸对新西兰兔生长和繁殖性能的影响及其分子机制初探[D].博士学位论文.泰安:山东农业大学,2007.

[24] YOSHIMURA K,KAJI H,KAMIDONO S,et al.Fasting increases the expression of basic fibroblast growth factor (FGF-2) messenger ribonucleic acid in rat hypothalamus[J].Hormone and Metabolic Research,1995,27(8):363–366.

[25] 丁阳,卜星晨,袁超,等.日粮赖氨酸水平对绿壳蛋种鸡生产性能和血清激素及卵巢 FSH 和 LH 受体 mRNA 表达的影响[J].中国畜牧杂志,2016,52(3):36–41.

[26] BOUYEH M,GEVORGIAN O X.Influence of different levels of lysine,methionine and protein on the performance of laying hens after peak[J].Journal of Animal and Veterinary Advance,2011,10(4):532–537.

Dietary Lysine Requirement of *Jinghong* Pullets during the Growing Period

WANG Xiaocui　WU Shugeng*　SONG Dan　QI Guanghai　WANG Jing　ZHANG Haijun*　YUE Hongyuan

（*National Engineering Research Center of Biological Feed, Key Laboratory of Feed Biotechnology of Ministry of Agriculture, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China*）

Abstract: This study was conducted to investigate the dietary lysine (Lys) requirement of *Jinghong* commercial pullets during the growing period. Four hundred and fifty 8-week-old *Jinghong* commercial pullets were randomly divided into 5 groups with 6 replicates per group and 15 pullets per replicate. The levels of Lys in diets were 0.56%, 0.62%, 0.68%, 0.74% and 0.80%, respectively. The test lasted for 9 weeks. The results showed that the average daily gain (ADG) and community evenness of *Jinghong* pullets aged from 9 to 17 weeks were quadratically significantly increased and then decreased with increasing dietary Lys levels (P<0.05), while the

*Corresponding authors: WU Shugeng, professor, E-mail: wushugeng@caas.cn; ZHANG Haijun, associate professor, E-mail: fowlfeed@163.com　　(责任编辑　李慧英)

ratio of feed to gain (F/G) was quadratically significantly decreased and then increased (P<0.05). ADG in 0.62% Lys group was significantly higher than that in 0.56% and 0.80% Lys groups (P<0.05), while the F/G in 0.62% Lys group was significantly lower than that in 0.56% and 0.80% Lys groups (P<0.05). The community evenness in 0.68% Lys group was significantly higher than that in 0.56% and 0.80% Lys groups (P<0.05). The body weight, chest width and tibia length of *Jinghong* pullets at 17 weeks were quadratically significantly increased and then decreased with increasing dietary Lys levels (P<0.05), and the body weight, chest width and tibia length in 0.68% Lys group were significantly higher than those in 0.74% and 0.80% Lys groups (P<0.05). The ovary weight, ovary index, fallopian tube weight, fallopian tube index and fallopian tube length of *Jinghong* pullets at 17 weeks were quadratically significantly increased and then decreased with increasing dietary Lys levels (P<0.05), and the reproductive organs development indexes in 0.68% Lys group were significantly higher than those in the other groups (P<0.05). The follicle numbers in ovary of *Jinghong* pullets at 17 weeks were quadratically significantly increased and then decreased with increasing dietary Lys levels (P<0.05), and the total follicles numbers, primary follicles numbers, secondary follicles numbers and small yellow follicle numbers in 0.68% Lys group were significantly higher than those in the other groups (P<0.05). According to the quadratic regression analysis based on ovary weight, ovary index, the total follicles numbers, primary follicles numbers, secondary follicles numbers, the optimal dietary Lys levels for *Jinghong* pullets at 17 weeks were 0.65%, 0.65%, 0.64%, 0.64% and 0.64%, respectively. These studies indicate that the dietary Lys requirement of *Jinghong* pullets aged from 9 to 17 weeks is 0.64% to 0.65%.

Key words: lysine; growing period; *Jinghong* pullets; reproduction organs development